根莖作物生產改進及加工利用研討會專刊：307～318（1994）

甘薯與馬鈴薯之營養價值

楊瑞玉　洪端良　鄒篪生

亞洲蔬菜研究發展中心

摘　要

甘薯與馬鈴薯富含澱粉、纖維及微量營養素，可作爲主食或蔬菜食用。此二類作物之蛋白質品質優良；雖單位能量較穀類與豆類低，然其每日單位面積食能產量而言，卻高於主要糧食作物。紅心甘薯與甘薯葉之維生素A含量豐富，對某些開發中國家的人民，尤其是小孩及婦女很重要，可避免維生素A缺乏症。

甘薯與馬鈴薯的澱粉較難消化，並會降低蛋白質利用率，若經烹煮後則可改善之。以動物試驗探求甘薯脹氣原因，則可發現澱粉引起的脹氣量遠高於糖與膳食纖維，約佔百分之八十五。再將馬鈴薯及甘薯澱粉與其他作物所引起的脹氣比較，可知甘薯、香蕉及馬鈴薯澱粉同屬於高脹氣澱粉，而綠豆、小麥、樹薯、米等則屬於低脹氣澱粉。脹氣現象亦可因烹煮而改善之。

惟膳食纖維愈來愈受重視，由甘薯品種間纖維成分分析得知，可以育種方式培育口感佳、且膳食纖維較高之品種。

（關鍵詞：甘藷、馬鈴薯、營養、維生素A、生物利用率、澱粉、消化率、脹氣、膳食纖維）

前　言

甘薯與馬鈴薯乃重要之塊根及塊莖作物。其利用之方式因地區而異，可用作糧食作物、飼料作物、蔬菜作物或抽取澱粉。兩者的原始產地雖都在中南美洲，但目前的產區則分佈廣泛。依聯合國糧農組織(FAO　1991)之統計，馬鈴薯之主要產區爲歐洲、蘇俄、北美洲、澳洲及南美洲，主要用作糧食。而甘薯則爲一典型之亞洲作物，產地集中在東亞及東南亞。除作爲糧食外，亦爲一重要之飼料作物。從作物的觀點而言，甘薯與馬鈴薯皆能有效的將光能轉變爲碳水化合物，兩者每天單位面積所能生產之能量皆高於穀類作物(表1)，而此一現象又以開發中國家最爲明顯。

由於一般開發中國家生產條件較差，而根莖類作物對環境的穩定性較高，即使在較惡劣的環境下仍能保持某一水準的產量。因其具有此一特性，甘薯等根莖類作物往往成爲”飢荒”作物，對災區或落後地區的營養有其特殊的重要性。唯根莖作物水份含量較高，不利於貯存與運輸，一旦市場經濟高度開發時，其重要性降低，此爲其缺點。

內　容

一、甘薯及馬鈴薯作爲糧食作物：

馬鈴薯及甘薯中最主要的營養素爲碳水化合物，尤其是澱粉質約佔其總乾物量之70%，

所含之各種營養素如表二所示，與其他主要作物比較則馬鈴薯之維生素C含量較高，而甘薯(紅心)則含有多量之維生素A。若以能量之建議量爲基礎計算各營養素之相對濃度可知，甘薯爲優等維生素A、良好維生素B、C及鐵之供源，而馬鈴薯亦爲維生素C及鐵豐富之食品（圖一）。

表 1 ・主要糧食作物之食能產量

Table 1・Yield of food energy of major crops.

Crop	Yield* t/ha	Energy content Kcal/100g	Days to harvest	Energy yield Kcalx104/ha/day
Rooted tuber				
Sweet potato	14.0	111	150	10.40
Potato	12.0	82	150	6.56
Cassava	10.0	135	350	3.86
Cereals				
Rice	2.0	341	140	4.87
Maize	1.2	349	130	3.22
Legumes				
Soybean	1.3	400	100	5.20

* Average yield of developing countries. (FAO 1991)

表 2・馬鈴薯與甘薯之一般成分分析

Table 2・Compositions of raw potatoes and sweet potatoes

Composition	Sweet potato*	Potato*
Energy (kcal)	116	80
Moisture (%)	70.2	78.0
Crude protein (g)	1.4	1.2
Fat (g)	0.4	0.1
Total carbohydrate (g)	27.4	18.5
Crude fiber (g)	0.9	0.5
Ash (g)	0.8	1.0
Ca (mg)	33	9
P (mg)	50	46
Fe (mg)	1.1	0.8
β-carotene (μg)	47 (Pale) 1468 (Yellow) 2108 (Orange)	0-trace
Vitamin B (mg)	0.11	0.10
Vitamin B (mg)	0.05	0.04
Niacin (mg)	0.7	1.5
Ascorbic acid (mg)	26	20

Source from Woolfe, 1987.

* per 100 g edible portion.

作爲糧食作物，甘薯與馬鈴薯雖富有碳水化合物，唯脂肪含量較低，導致能量密度較低。經炊煮後之甘薯與馬鈴薯的能量密度(energy density)各爲114Kcal/100g及76Kcal/100g，皆較穀類作物爲低。因此在消費型態上，應略爲增加油脂的含量，以提高其能量密度，油

炸爲可用方式之一。國外用馬鈴薯爲主食時，在調理上亦往往配合奶油以提高其能量密度。

蛋白質爲考慮糧食作物營養價值之另一重要因子。一般來說，甘薯及馬鈴薯之蛋白質含量並不高，低於一般穀類作物。但從質的層面來看，則兩者皆很優秀，其胺基酸評分(chemical score)對成人而言皆爲100(表3)。爲補充膳食中蛋白質含量應搭配蛋白質含量較高之食品，如豆類、肉類及乳蛋類食品。

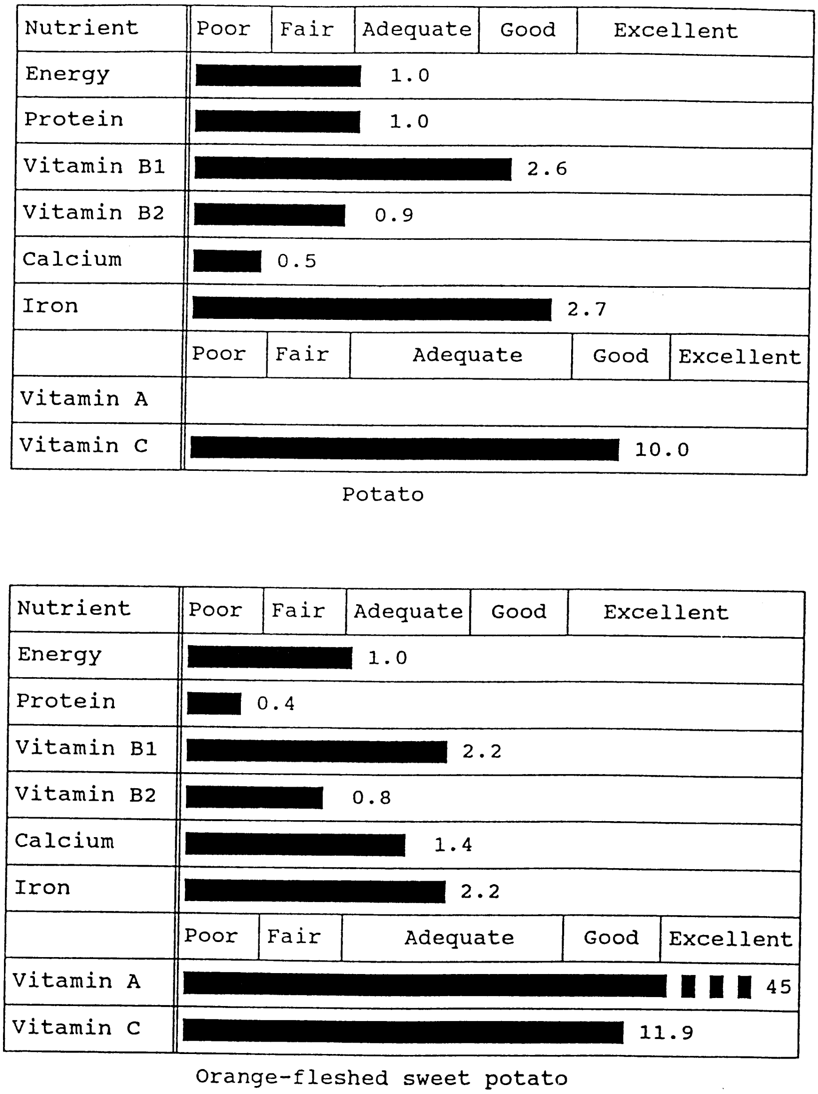

圖 一. 馬鈴薯與紅心甘薯之營養指標

Fig 1. Nutritional quality index of potato and orange-fleshed sweet potato based on relative nutrient density of food energy.

表 3. 馬鈴薯與甘薯對不同年齡層的胺基酸評分
Table 3. Amino acid scores* of potato and sweet potato for various human age groups

	Infant		Pre-school child		School child		Adult	
	Score	LAA**	Score	LAA	Score	LAA	Score	LAA
Potato	63	Leu	89	Leu	100	—	100	—
Sweet potato	60	S-AA/Lys	70	Lys	91	Lys	100	—

Source from Woolfe, 1987 and 1992.
* Calculated by

$$\text{Score} = \frac{\text{mg primary limiting amino acid per g test protein}}{\text{mg same amino acid per g reference protein}} \times 100$$

** LAA : limiting amino acid

二、甘薯及馬鈴薯之營養：

㈠維生素：

維生素A缺乏是開發中國家在國民營養上的一個主要的問題。大約有五十萬個兒童因缺乏維生素A而失明[1]。

紅心甘薯富含維生素A先質(provitamin A)—β－胡蘿蔔素 (β－carotene)，某些品種的β－胡蘿蔔素含量甚至高達11mg/100g鮮重，因此若一周內攝食200g紅心甘薯，則具足量之維生素A之營養。

亞蔬中心多年從事動物試驗，以評估各種蔬菜和水果之維生素A先質之生物利用率(bioavailability)。紅心甘薯除了具高含量之維生素A先質，其生物利用率也很高，而且甘薯中之β－胡蘿蔔素之生物利用率也顯著高於其他葉菜類(表4)，原因可能是由於甘薯中缺少可抑制β－胡蘿蔔素被吸收利用之抑制劑，如葉綠素及其他類胡蘿蔔素等[3,10]。

表 4. 蔬菜及水果之維生素A先質之生物利用率
Table 4. Provitamin A availability of vegetables and fruits.

Commodity	Availability*	Major carotenoids	
		Provitamin A	Nonprovitamin A
Spinach	12.88	β-carotene	Xanthophylls
chlorophylls			
Water convolvulus	11.62	β-carotene	Xanthophylls
chlorophylls			
Field mustard	12.23	β-carotene	Xanthophylls
chlorophylls			
Sweetpotato (TN66)	17.01	β-carotene	
Sweetpotato (1108-13)	14.86	β-carotene	
Mango (Irwin)	17.79	β-carotene	Xanthophylls
Mango (Native)	16.34	β-carotene	Xanthophylls
Pumpkin	23.03	α-carotene	
		β-carotene	
Carrot	17.83	α-carotene	
		β-carotene	
Papaya	22.35	β-carotene	
		β-cryptoxanthin	Xanthophylls
Papaya (TN-2)	23.60	β-carotene	
		β-cryptoxanthin	Xanthophylls
β-carotene standard	21.20	β-carotene	
β-carotene	21.03	β-carotene	

Source from Tsou, et al., 1985.

馬鈴薯是良好的水溶性維生素來源，尤其是維生素C，其含量受品種、成熟度等影響，新鮮採收時可高達30mg/100g，平均值亦有20mg/100g，但要注意的是在貯存與加工過程中，維生素C容易氧化或受熱而破壞，造成其營養價值的降低。

(二)澱粉：

甘薯與馬鈴薯是許多亞洲國家的澱粉工業中一種很重要的原料，其理化性質已被廣泛地研究[5,8]。甘薯澱粉顆粒之外觀形態是屬多角形，直徑範圍由2mm至2.5mm不等。含直鏈澱粉(Amylose)約18%，碘親和力(Iodine affinity)約3.66，糊化溫度爲58-63-69℃。馬鈴薯澱粉顆粒形狀屬卵形或橢圓形，而顆粒大小約40um，碘親和力爲4.3，一般直鏈澱粉量爲23%，糊化溫度爲62～75℃(表5)。

1.澱粉消化率（Digestibility）：

一般之根莖系作物之澱粉較難消化。甘薯生澱粉的酵素分解率低於米麥，經85℃炊煮後可以改善[11]。生馬鈴薯澱粉的酵素分解率最多只達15%，以70℃炊煮僅能提高至60%，而以沸水烹煮則可達90%的分解率[2]，所以雖然甘薯與馬鈴薯澱粉不易消化，炊煮可以有效的改善其消化率。

台灣從1970年代中期曾從事以甘薯飼豬，結果發現飼料效率(feeding efficiency) 偏低[4,6]。做動物試驗，飼料中以甘薯澱粉當做能量來源，以酪蛋白當做蛋白質來源，餵食老鼠，探求甘薯澱粉對蛋白質消化率的影響[11]。結果顯示，添加生甘薯澱粉之飼料明顯比玉米澱粉和預煮過的甘薯澱粉之利用率低，所以甘薯澱粉是影響飼料中蛋白質消化率的主要原因。而炊煮也可以改善之，然此過程耗費人力及燃料，只適合用在小規模豬戶，大規模養豬戶較受限制。亞蔬中心曾評估不同甘薯品種對蛋白質消化率的關係，結果有顯著性的差異[11]，因此甘薯之飼料品質應可透過育種的方式改良，提高其飼料效率。

動物試驗是一種最直接評估澱粉品質的方法，但由於耗時、費力、成本高，因此亞蔬中心曾發展出一簡易法—-0.5—於醱酵管中以胰液酵素分解澱粉成糖，再以酵母將糖消化，產生二氧化碳，以二氧化碳的量來表示澱粉之消化性[11]，此法操作簡單、試驗時間短，可應用於初步的品種篩選，必要時再以動物試驗確認之。

表 5. 甘薯及馬鈴薯澱粉之理化性質
Table 5．Selected properties of sweet potato and potato starch

Property	Sweet potato starch	Potato starch
Protein content (%)	0.06～0.2	—
Ash content (%)*	Trace～0.51	—
Crude fiber (%)*	0.02～0.10	—
P content (%)	0.02	0.04
I2 affinity (%)	3.66	4.30
Gelatinized temperature (℃)	58～63～69	62～75
Granular size (um)	10 x 14	40
Brabender viscograms	Type B	—
Branch No. of amylose	7.9	—

* Less purified commercial samples are included.
Source from Lii, et al., 1978.

2.澱粉之脹氣問題：

甘薯導致脹氣之問題是亞洲地區消費者眾所皆知，但是甘薯導致脹氣之原因並未被廣泛研究。爲了探求其肇因，將甘薯各成分如糖、膳食纖維、澱粉等予以分離後，分別餵食老鼠，並計算氫氣產生量，以代表脹氣之程度，結果發現澱粉佔甘薯之總脹氣量的85%，因此澱粉爲脹氣產生之主要原因[12]。

評估亞蔬甘薯品種氫氣之產生量，不同品種間每克乾物重之氫氣產生量爲26.0～71.1ml，品種間與澱粉含量之相關係數r爲0.62[9]。

除了甘薯澱粉以外，探討其他作物如馬鈴薯、小麥、米等澱粉是否也具有相同之性質。甘薯、馬鈴薯及香蕉之澱粉屬於高脹氣性，而小麥、樹薯、綠豆、米等則屬於低脹氣性。圖 1顯示甘薯及馬鈴薯澱粉於不同烹煮時間之氫氣產生量變化情形，兩種澱粉經過烹煮後，氫

氣產生量迅速降低。因此烹煮可改善澱粉所造成之脹氣。

脹氣現象實際上乃因澱粉在腸胃道中未能充分消化，而在大腸中由微生物醱酵、產生氣體之結果。因此，脹氣性與消化率有密切之關係。故消化率高之品種其脹氣性應爲較低，唯目前測定脹氣性之方法的精確度尚不足以檢測品種差異。

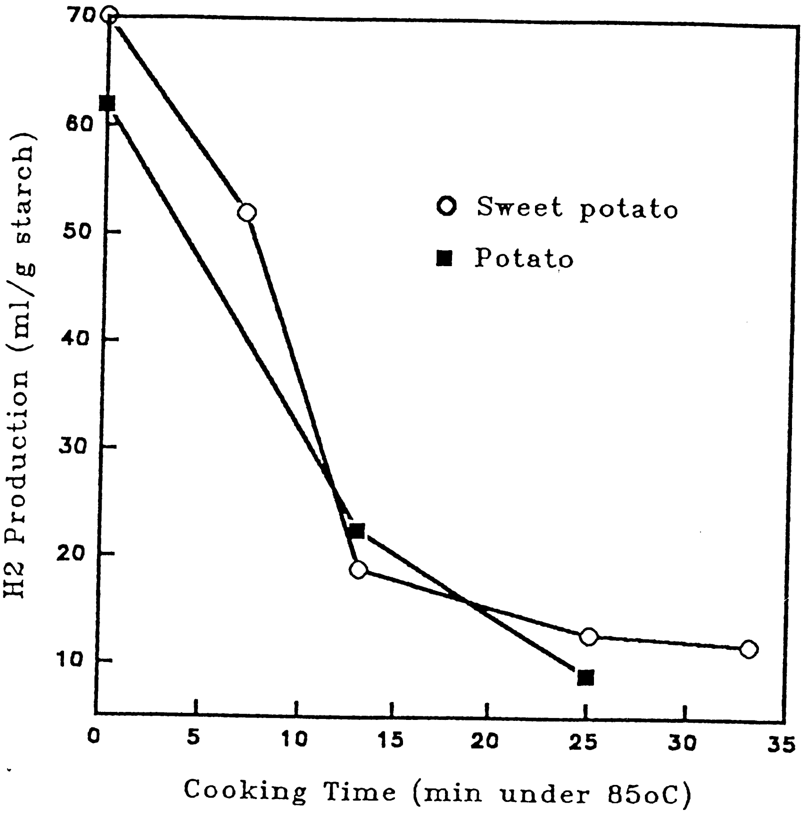

圖 二. 甘薯與馬鈴薯澱粉經烹煮後對老鼠脹氣之影響

Fig 2. Effect of cooking on respiratory hydrogen production induced by starch of potato and sweet potato.

㈢膳食纖維：

近年來膳食纖維對人類營養的功用已引起普遍的注意，很多學者更從事膳食纖維之生理功能的研究，如預防小腸疾病、礦物質之吸收、血液中膽固醇及許多分析方法之改進[7,14]大體而言，不溶性的纖維會影響腸蠕動，而可溶性或成膠纖維(gel-forming fiber)會降低血中膽固醇。粗纖維包含纖維素(cellulose)及木質素(lignin)。穀類麩皮所含纖維中以木質素最高，次爲纖維素；而大部分蔬菜包括馬鈴薯，纖維素含量較高，果膠質則較穀類爲多[16]。一般在甘薯中並不把粗纖維當作營養素，因爲其含量過高時會降低甘薯之口感，很多育種人員甚至嘗試以育種的方式降低甘薯品種之粗纖維，而提高其他膳食纖維之成分，不但具營養價值，且增加甘薯之口感。不同甘薯品種顯示不同之膳食纖維成分含量如表六所示，這些品種之乾物量(17～31％)及膳食纖維成分範圍均很大。這些數據建議或可利用育種方法培育出低粗

纖維而高膳食纖維之甘薯品種[13]。

表 6. 不同品種甘薯之膳食纖維成分分析
Table 6. Estimated polysaccharide composition of selected sweetpotato clones.

Variety	Dry matter(%)	Pectin substance	Lignin	Cellulose	Hemicellulose
1367	17.34	0.49	8.16	7.28	12.69
CN1121-312	19.09	0.68	7.49	6.64	12.47
CN942-47	21.53	0.29	3.98	7.64	11.04
CN1229-16	38.46	0.53	1.57	14.29	17.49
CN1425-3	36.75	0.92	4.89	16.26	21.08
CN63-74	38.70	0.40	4.59	13.70	17.29
CN1219-1	29.01	0.55	6.44	9.12	14.27
CN1229-14	23.88	1.07	9.33	7.39	12.89
CN1232-9	27.90	0.50	6.53	12.69	18.27
TN57	31.70	0.44	4.75	11.95	16.77

Unit：g/100g total carbohydrate+lignin
Source from Tsou, et al., 1992

三、甘薯葉之營養：

甘薯除了食用根部外，東方人也把甘薯葉當作蔬菜食用。甘薯葉的營養價值很高，比較各種不同葉菜之營養素含量可知,甘薯葉富含維生素A、B_1、B_2及礦物質鈣、鐵，且這些養營成分均高於常用之葉菜類。因此甘薯葉不但可補充台灣地區維生素B_1、B_2之不足；且含豐富的鐵質，鐵質攝取不足者（尤其婦女及貧血患者）食用甘薯葉可爲彌補。唯甘薯葉中草酸含量較高 (表6)，尤以老莖葉中最高，因此食用應以嫩葉爲宜[13]，因草酸會干擾鐵之吸收。

亞蔬中心曾從事葉用甘薯之育種試驗，營養價值固爲重要因子，但農藝性狀及消費者之接受性仍爲育種上主要之考慮。其中尤以豐產、採收容易、不易褐化及保鮮性良好等特性最爲重要。

表 7．甘薯葉之化學成分
Table 7. Chemical compositions of sweet potato tips

Cultivar	Dry matter (%)	Fiber	Ash (%)	Mineral Ca (mg/100g)	Mineral Fe (mg/100g)	Vitamin A (IU/100g)	Vitamin B (mg/100g)	Vitamin C (mg/100g)	Oxalate (%)
Dilaw	12	1.8	1.6	84	3.6	3520	0.31	33	0.39
Kinangkong	13	1.8	1.6	71	3.4	5390	0.36	37	0.39
PI 344138	13	1.8	1.5	72	3.9	5740	0.31	35	0.34
PI 344120	13	1.8	1.4	67	3.4	5390	0.37	43	0.36
Daja 380	14	2.0	1.6	72	3.6	4850	0.41	36	0.44
PI 318856	16	2.2	1.8	86	4.4	6650	0.35	44	0.42
Earlyport	12	1.8	1.5	72	3.6	4870	0.36	40	0.28
HM 16	15	1.9	1.7	73	5.0	5780	0.34	32	0.30
Rose Centennial	14	2.0	1.8	90	3.7	8320	0.36	73	0.45
BNAS-White (control)	16	2.3	2.1	58	4.8	5290	0.29	39	0.33
LSD (P=0.05)	1	0.3	0.3	NS	NS	NS	0.05	11	0.09

Source from Villareal et al., 1979.

結　　論

甘薯與馬鈴薯除了有高量的澱粉質外，亦含豐富的膳食纖維、維生素與礦物質，然而在一般人的觀念中認爲此二者只是高能量來源的食物。就作爲糧食作物而言，甘薯與馬鈴薯不僅可作爲主食或和其他主食混合食用，更可能在饑荒時期替代其他的食物。另外，亦可在麵粉中添加甘薯粉，或發展甘薯粉工業增加其利用。若能再以育種方式培育而得較易消化的品種，則能增進其利用價值。此外，豐富的維生素、礦物質及膳食纖維提高了甘薯與馬鈴薯的營養價值，若將之視爲健康食品亦無可厚非。由纖維組成分分析可知，甘薯品種間膳食纖維的比例不盡相同，若能培育得高膳食纖維且低粗纖維之品種，則不僅可促進口感，亦可因此而提高其營養價值。

參考文獻

1. De Luca, L. M., J. Glover, J. Heller, J. A. Olson, and B. Underwood, 1977. Guidelines for the eradication of vitamin A deficiency and xerophthalmia. VI. Recent advance in the metabolism and function of vitamin A and their relationship to applied nutrition. A report of the International Vitamin A

Consultative Group (IVACG).
2. Hellendoorn, E.W., Van den Top, M., and Vander Weide, J. E. M. 1970. Digestibility 'in vitro' of dry mashed potato products. J. Sci. Food Agri. 21 : 71-75.
3. High, E. G., and H. G. Day, 1952. Fate of lycopene in the rate and its effects on the utilization of carotene and vitamin A. J. of Nutrition. 48 : 369-372.
4. Lee, P. K., Y. F. Yang, and S. S. Lin, 1963. Comparative studies on nutritional value of sweet potato chips and corn as animal feed. Taiwan Livestock Res. 1 : 1-18. (Chinese)
5. Lii, C. Y., and M. S. Chang, 1978. Studies on the starches in Taiwan. Pages 416-423, in Proceedings, National Science Council. Vol. 2. No. 4, 1978. ROC.
6. Lin, Y. T., 1978. Effect of partially replacement of corn by sweet potato on feeding effeciency for hog raising. Scientific Agr. 26(1-4) : 139-141. (Chinese)
7. Mendeloff, A. I., 1984. Dietary fiber and nutrient delivery. Bristol-Myers Nutrition Symposia. 3 : 209-237.
8. Palmer, J. K., 1982. Carbohydrates in sweet potato. Page 135-140, in Sweet Potato, ed. by R. L. Villareal and T.D. Gridds. In Proc., The First International Sweet Potato Symposium, AVRDC (Asian Vegetable Research and Development Center), Shanhua, Taiwan, ROC.
9. Tsou, S. C. S., and M. H. Yang, 1984. Flatulence factors in sweet potato, ACTA Horti. 163 : 179-186.
10. Tsou, S. C. S., and K. K. Kan, 1985. Availability of provitamin A in sweet potato. Page 305-306, in Progress report 1985, AVRDC(Asian Vegetable Research and Development Center), Shanhua, Taiwan, ROC.
11. Tsou, S. C. S., K. K. Kan, and S. J. Wang, 1987. Biochemical studies on sweet potato for better utilization at AVRDC. Pages 197-211. In Proc. of Int'l Sweet Potato Symp. IDRC, PRCRTC, PCARRD, SEAMEO, SEARCA, ViSCA, 20-26 May 1987, ViSCA, Baybay, Leyte, the Philippines.
12. Tsou, S. C. S., and T. L. Hong, 1988. Digestibility of sweet potato starch. Pages 127-136, In Proceedings of Workshop on Sweet Potato Improvement in Asia. CIP, ICAR, CTCRI, 24-28 Oct. 1988, ICAR, Trivandrum, India.
13. Tsou, S. C. S., T. L. Hong, 1992. The nutrition and utilization of sweet potato. Pages 359-366. In Proc. of Symp. on "Sweet potato technology for the 21st century" ed. by W. A. Hill, C. K. Bosi, and P. A. Loretan. Tuskegee University, Tuskegee, Alabama, USA.

14. Vahoumy, G. V., S. Satchithanandam, I. Chen, S. A. Tepper, D. Kritchevsky, F. G. Lightfoot, and M. M. Cassidy, 1988. Dietary fiber and intestinal adaptation : effects on lipid absorption and lymphatic transport in the rat. American J. of Chem. Nutrition. 201-205.

15. Villareal, R. L., S. C. S. Tsou, S. K. Lin, and S. C.. Chiu, 1979. Use of sweet potato (*Ipomoea batatas*) leaf tips as vegetables II. Evaluation of yield and nutritive quality. Experimental Agriculture. 15(2) : 117-122.

16. Woolfe, J. A., 1987. "The nutritional value of the components of the tuber" In : Potato in the human diet. Cambridge University Press. London, UK. p. 19-57.

17. Woolfe, J. A., 1992. "The nutritional value of sweet potato roots and leaves" In : Sweet potato, food resource. Cambridge University Press. London, UK. p. 118-179.

The Nutritional Value of Sweet Potato and Potato

Ray-Yu Yang, Tuan-Liang Hong, and Samson C. S. Tsou
Asian Vegetable Research and Development Center, Shanhua, Tainan, Taiwan, Republic of China.

ABSTRACT

Sweet potato and potato, as food rich in starch, fiber and micronutrients, are suitable for staple food or vegetables. Both of them contain high quality protein. The two crops have lower energy contents but higher energy yields than many cereal and legumes. With high concentration in vitamin A, the red-fleshed roots and green tips of sweet potato could be used as a means to prevent vitamin A deficiency in the developing countries. The starch of both sweet potato and potato is hard to be digested and leads to flatulence. Besides, it reduces the availability of protein. These detrimental effects could be lessened if the tubers of sweet potato and potato are consumed in the cooked form. The factors affecting the occurrence of flatulence has been studied in the animal feed experiment. The experimental results showed that starch contributed to 85% of hydrogen production which is higher than resulted from sugar and dietary fibers. As compared to other crops, the starch of sweet potato, banana, and potato produced higher hydrogen than mungbean, wheat, cassava and rice. The importance of dietary fibers to human health is much emphasized nowadays. The analyses of fiber contents among different varieties of sweet potato demonstrated that new varieties with better eating quality and higher dietary fibers content could be developed by breeding.

(Key Words : Sweet potato, potato, nutrition, bioavailability, starch, digestibility, flatulence, dietary, fiber.)